Titel: Verifizierung des dynamischen Verhaltens von Temperatur- und Klimaprüfeinrichtungen

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

2 Anwendungsbereich

3 Begriffe

4 Beschreibung

5 Anhang

1 Einleitung

Diese Richtlinie legt die Mindestanforderungen an die Verifizierung des dynamischen Verhaltens von Temperatur- und Klimaprüfeinrichtungen (nachfolgend Prüfschrank genannt) zur Durchführung von Temperatur- und Klimaprüfverfahren fest.
Der Einfluss (z. B. Kompetenz) des Personals bei der Durchführung der Prüfung wird in dieser Richtlinie nicht berücksichtigt.

Die Kalibrierung und die statische Verifizierung von Prüfschränken werden in der Richtlinie Nr.: 003 behandelt.

2 Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie betrifft Labore im Bereich der Umweltsimulation und der Produktqualifikation an technischen Produkten.

Diese Richtlinie gilt in Verbindung mit GUS-Richtlinie Nr.: 001.

Die Richtlinie Nr.: 004 berücksichtigt Prüfverfahren in Luft. Die Verifizierung von Prüfverfahren in Flüssigkeiten (z. B. IEC 60068-2-14 Nc, Eiswassertauchtest, Schwallwassertest, etc.) werden in einer separaten Richtlinie beschrieben.

3 Begriffe/Literaturhinweise

3.1 Begriffe:

Verifizierung: Erbringung eines objektiven Nachweises, dass ein Prüfschrank die spezifizierten Anforderungen erfüllt

Prüfschrank: Bezeichnet alle Einrichtungen für Temperatur- und/oder Klimaprüfungen im Rahmen der Normenreihe DIN EN 60068-2-x, unabhängig von deren Bauform.

3.2 Literaturhinweise:

DIN EN 60068-1
DIN EN 60068-2-1
DIN EN 60068-2-2
DIN EN 60068-2-14
DIN EN 60068-2-30
DIN EN 60068-2-38
DIN EN 60068-2-67
DIN EN 60068-2-78
DIN EN 60068-3-5
DIN EN 60068-3-6

Auf den Zusatzhinweis der „IEC“ wird bei der Darstellung verzichtet.

4 Anwendung

4.1 Allgemeines

Eine Verifizierung wird vom Labor durchgeführt, wenn:

- Prüfverfahren neu eingeführt werden
- Prüfeinrichtungen, erstmalig verwendet oder wieder erneut in Betrieb genommen werden

Verifizierungen müssen wiederholt werden, wenn die Gültigkeit der vorherigen Verifizierung in Frage gestellt wird. Dies kann z. B. sein:

- Prüfeinrichtungen verändert/modifiziert oder repariert wurden (auch Firmware-Update)
- Prüfverfahren verändert/modifiziert wurden
- Prüfeinrichtungen nach Standortwechsel
- Prüfeinrichtungen nach längerem Stillstand

Das Ergebnis einer Verifizierung erfolgt in schriftlicher Form. Am einfachsten in Form eines Verifizierungsberichtes, ähnlich den Inhalten eines Prüfberichtes.

Bei der Verifizierung ist die Ausarbeitung eines Verifizierungsplanes (z. B. Checkliste) erforderlich, der das genaue Ziel und die zu überprüfenden Merkmale definiert. Nur Merkmale mit definierten Toleranzen (Grenzabweichungen) sind für eine Konformitätsaussage des Prüfverfahrens verwendbar.

Im Allgemeinen werden Prüfeinrichtungen dynamisch über ein Prüfprogramm gesteuert. Die korrekte Programmierung ist deswegen Grundvoraussetzung für die Verifizierung.

Die Verifizierung eines Prüfverfahrens gilt selbstverständlich nur genau für diese eine Prüfeinrichtung. Sollte ein Labor typgleiche Einrichtungen, auch desselben Herstellers, haben, so ist trotzdem für jede einzelne Prüfeinrichtung eine Verifizierung erforderlich. Eine Typen-Verifizierung ist nicht ausreichend. Aufgrund der möglichen unterschiedlichen Firmware oder unterschiedlichen Entwicklungsstände oder verschiedener verwendeten Bauteile / Baugruppen, muss jede Einrichtung separat verifiziert werden.

4.2 Verfahren zur Verifizierung

Bei der Verifizierung ist der Arbeitsbereich des Prüfschranks mit seinen Grenzbereichen zu definieren und muss innerhalb des Kalibrierbereiches liegen.

Das Labor muss seine Bereiche für Temperatur, Feuchte und Änderungsgeschwindigkeit gemäß den Prüfverfahren festlegen und es müssen mindestens die Extremwerte des Arbeitsbereiches des Prüflabors verifiziert werden.

Das Labor sollte eine der möglichen nachfolgenden Optionen zur Verifizierung von Prüfverfahren wählen. Die Auflistung stellt keine Wertigkeit der Optionen dar.

Bei zyklischen Prüfungen muss mindestens ein vollständiger Zyklus verifiziert werden. Die Konstantphasen können verkürzt werden, müssen aber mindestens 1 h gehalten werden, bevor der nächste dynamische Schritt eingeleitet wird.

Bei Prüfungen mit konstanten Bedingungen müssen diese ebenfalls mindestens 1 h gehalten werden.

Die Möglichkeit der Verifizierung unter Verwendung von einem Zyklus mit ggf. verkürzten Konstantphasen schließt die korrekte Programmierung des Programmablaufs nicht mit ein. Das Labor ist für die Richtigkeit seiner Prüfprogrammierung verantwortlich und muss diese eventuell separat nachweisen.

Option 1-R004:
Messung mit Regelfühler der Kammer (1-Punkt).
Voraussetzung, dass die Prüfeinrichtung nach der GUS-Richtlinie Nr.: R003 Option 1-R003 oder Option 2-R003 kalibriert und bewertet wurde.

Option 2-R004:
Messung mit ext. Messsystem in der Nutzraummitte.
Die Anforderungen an ein externes Messsystem sind in Anhang C aufgeführt. Bei sehr dynamischen Prüfverfahren kann es erforderlich sein, dass sensitivere Fühler zum Einsatz kommen müssen.

Option 3-R004:
Messung mit ext. Messsystem im Nutzraum Temperatur (9-Punkt), mit Feuchte in der Nutzraummitte.

Die Verifizierung nach Option 1-R004 bietet dem Labor eine einfache Möglichkeit, nach der Kalibrierung der Prüfeinrichtung die dynamische Verifizierung von Prüfverfahren durchzuführen. Durch die Kalibrierung wurde die korrekte Messung/Anzeige der Bedingungen in Nutzraummitte nachgewiesen. Allerdings muss das Labor berücksichtigen, dass das Risiko der korrekten Verifizierung, mit größerem zeitlichem Abstand zur Kalibrierung, steigt.

Eine Verifizierung nach Option 2-R004 minimiert das o. a. Risiko und ist somit zu jedem Zeitpunkt nach der Kalibrierung möglich.

Die Verifizierung nach Option 3-R004 ist mit einem deutlich höheren Aufwand verbunden, hat jedoch den Vorteil, dass das dynamische Verhalten des gesamten Nutzraumes abgebildet wird.
Labore, die permanent die Prüfbedingungen mit einem externen kalibrierten Messsystem bei jeder Prüfung überwachen, können auf die Kalibrierung der Prüfeinrichtung verzichten. Die Sicherstellung der Prüfbedingungen und die Verifizierung der Prüfeinrichtung können somit ebenfalls nachgewiesen werden (siehe Richtlinie GUS-Richtlinie Nr.: R003, Kapitel 4.1.2 und Kapitel 4.2.3 Option 4-R003).

Hinweis:
Es gibt Prüfkammern, die unter anderem mit mehreren Kammer-Mess- oder Kammer-Regel-Fühlern ausgestattet sind.

Bei der Verifizierung von Prüfverfahren ist der später zu verwendende Regelfühler zu berücksichtigen.

4.3 Merkmale der Prüfverfahren zur Verifizierung der Prüfverfahren

DIN EN 60068-2-1

- Temperaturrampen $|dT_R|$ ≤1 K/min (gleitender Mittelwert von 5 min)
- Konstante Temperatur innerhalb Grenzabweichung
- Messeinrichtung für Prüflingstemperatur (siehe Anhang C)
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich

DIN EN 60068-2-2

- geringe Feuchte im Nutzraum (maximale absolute Feuchte 20 g/m³)
- Temperaturrampen $|dT_R|$ ≤1 K/min (gleitender Mittelwert von 5 min)
- Konstante Temperatur innerhalb Grenzabweichung
- Messeinrichtung für Prüflingstemperatur (siehe Anhang C)
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich

Hinweis:

- Bei der Verwendung eines Klima-Prüfschrankes muss sichergestellt werden, dass dieser trocken ist (Befeuchterwanne leeren, Verdampfer enteisen/trocknen, Wasserlachen entfernen, usw.).
- Empfehlung zur Sicherstellung: Vor Prüfbeginn der Prüfung sollte der Prüfschrank (ggf. bei geöffneten Durchführungen) ausgeheizt werden.

DIN EN 60068-2-14 Na/Nb

DIN EN 60068-2-14 Na

- Überführungsdauer (nur relevant bei 2 getrennten Prüfkammern oder einer 3-Kammer-Prüfeinrichtung)
- Messeinrichtung für Prüfraumtemperatur (siehe Anhang C)
- Angleichzeit der Nutzraumtemperatur (unter Berücksichtigung der Grenzabweichung) nach der Umlagerung ≤10 % der Verweildauer (minimale realisierbare Verweildauer ≥10 x Angleichzeit der leeren Prüfkammer)
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich (es wird empfohlen bei Verweildauern unter 30 min die Abtastrate zu erhöhen).

DIN EN 60068-2-14 Nb

- Temperaturrampe (Toleranz abhängig von ΔT und Änderungsrate)
- Konstante Temperatur innerhalb Grenzabweichung
- Messeinrichtung für Prüflingstemperatur (siehe Anhang C)
- Der Temperatur-Regler-Fühler ist in die Verifizierung mit einzubeziehen
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich (es wird empfohlen bei einer Änderungsgeschwindigkeit größer 3 K/min die Abtastrate zu erhöhen).

DIN EN 60068-2-30

- Mit Vor- und Nachbehandlung (andere Grenzabweichungen beachten!)
- Temperaturrampe innerhalb Grenzabweichung
- Konstante Temperatur / Feuchte innerhalb Grenzabweichung
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich
- Die Leitfähigkeit des Befeuchterwassers ist in der Prüfeinrichtung nachzuweisen; ≤20 µS/cm

Wenn die Nachbehandlung unter geregelten Nachbehandlungsbedingungen in derselben Prüfkammer durchgeführt werden soll, dann ist bei der Verifizierung eine maximale Temperaturschwankung von ±1 K innerhalb des Normklimas für eine Dauer von mindestens 1 h nachzuweisen.

Hinweis: Die Norm DIN EN 60068-2-30 stimuliert die Betauung auf Prüflingsoberflächen, wobei es bei kleineren Prüflingen (mit geringer Masse) schwieriger werden kann. In diesen Fällen sollte ggf. als Alternative das Prüfverfahren DIN EN 60068-2-38 in Erwägung gezogen werden.

DIN EN 60068-2-38 mit und ohne Kältezyklus

- Mit Vorbehandlung/Trocknung (andere Grenzabweichungen beachten!)
- Temperaturrampe innerhalb Grenzabweichung
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich
- Verifizierung ohne Kältezyklus ist nicht erforderlich
- Die Leitfähigkeit des Befeuchterwassers ist in der Prüfeinrichtung nachzuweisen; ≤20 µS/cm

Die Varianz der Anordnung der verschiedenen Zyklen muss nicht im Einzelnen verifiziert werden.

Hinweis: Die Norm DIN EN 60068-2-38 stimuliert die Betauung auf Prüflingsoberflächen, wobei es bei sehr großen Prüflingen (mit großer Masse) aufgrund des Temperaturangleichs schwieriger werden kann. In diesen Fällen sollte ggf. als Alternative das Prüfverfahren DIN EN 60068-2-30 in Erwägung gezogen werden.

DIN EN 60068-2-67

- Betauung muss verhindert werden
- Konstante Temperatur/Feuchte innerhalb Grenzabweichung
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich
- Die Leitfähigkeit des Befeuchterwassers ist in der Prüfeinrichtung nachzuweisen; 5 µS/cm bis 20 µS/cm (siehe Anhang B)

Hinweis:

- Es muss sichergestellt werden, dass der Prüfschrank trocken ist (Befeuchterwanne leeren, Verdampfer enteisen/trocknen, Wasserlachen entfernen, usw.).
- Empfehlung zur Sicherstellung: Vor Prüfbeginn der Prüfung sollte der Prüfschrank (ggf. bei geöffneten Durchführungen) ausgeheizt werden.
- Empfehlung: Die Feuchte erst nach Stabilisierung der Temperatur (während der Prüfung, nach Durchtemperierung der Prüflinge) hinzuschalten.

DIN EN 60068-2-78

- Betauung muss verhindert werden
- Konstante Temperatur/Feuchte innerhalb Grenzabweichung
- Zur Verifizierung ist mind. eine messtechnische Abtastrate von 1/min erforderlich
- Die Leitfähigkeit des Befeuchterwassers ist in der Prüfeinrichtung nachzuweisen; ≤20 µS/cm

Hinweis:

- Es muss sichergestellt werden, dass der Prüfschrank trocken ist (Befeuchterwanne leeren, Verdampfer enteisen/trocknen, Wasserlachen entfernen, usw.).
- Empfehlung zur Sicherstellung: Vor Prüfbeginn der Prüfung sollte der Prüfschrank (ggf. bei geöffneten Durchführungen) ausgeheizt werden.
- Empfehlung: Die Feuchte erst nach Stabilisierung der Temperatur (während der Prüfung, nach Durchtemperierung der Prüflinge) hinzuschalten.

Anhang

Anhang A (obligatorisch)

Mindestangaben des Verifizierungsnachweises (Verifizierungsbericht):

Titel	
Datum der Verifizierung	Datum/Ort (Laborstandort/Raum)
Prüfverfahren (Ausgabe, ggf. Methode)	Z. B. Norm DIN EN 60068-2-1/2008-08 Aa DIN EN 60068-2-14/2010-04 Nb Haus-Prüfverfahren Prüfspezifikation
Anlass der Verifizierung	z. B. neues Verfahren, neue Prüfkammer, Wiederinbetriebnahme/Reparatur, etc.
Zweck	z. B. Aufgrund des Kältemittel-Wechsels wird die max. Änderungsgeschwindigkeit der Temperatur überprüft
Ggf. Zugehörige Arbeitsanweisung	
Bezeichnung der Prüfkammer/-einrichtung	eindeutige Kennung der Prüfkammer; Prüfmittelnummer, etc.
Angabe des Verfahrens zur Verifizierung gemäß dieser Richtlinie	Option 1-R004 bis 3-R004
Verifizierungsablauf (Verifizierungsplan)/ Anzahl der Zyklen/Verweildauer/Beladungszustand/etc.	Vor-Nachbehandlung, Anzahl Zyklen, Verkürzungen mit Angabe der Grenzabweichungen z. B. Verifizierungsablauf, Beschreibung der Tätigkeiten
Umgebungsbedingungen	Laborbedingungen
Angaben zum Messequipment	Art/PM-Nr.:/Messfühler usw.
Verantwortliche Person der Verifizierung	
Ergebnis der Verifizierung	Konformitätsaussage ggf. partielle Eignung der Prüfeinrichtung

Anhang B (obligatorisch)

Die Leitfähigkeit des entmineralisierten Wassers muss kleiner 20 µS/cm sein, um eine Beeinflussung der Prüfung zu vermeiden. Eine Leitfähigkeit unter z. B. 5 µS/cm ergibt keine Beeinflussung des Prüfergebnisses. Bei der Verifizierung des Prüfverfahrens kann daher der Nachweis der Einhaltung der unteren Leitfähigkeitsgrenze entfallen.

Eine untere Leitfähigkeitsgrenze von z. B. 5 µS/cm wird allerdings von einigen Anlagenherstellern zum Schutz der Prüfeinrichtungen (Werkstoffe) angegeben, da Leitfähigkeiten unter z. B. 5 µS/cm sehr aggressive Wässer darstellen.

Anhang C (obligatorisch)

Mindestanforderung an das Messequipment zur Zwischenprüfung und Verifizierung (für alle Optionen)

Das Messequipment muss geeignet sein, sowie regelmäßig kalibriert und zwischengeprüft werden. Die Validität der Messergebnisse müssen durch das Labor sichergestellt werden. Mindestvoraussetzungen an geeignetes Equipment sind:

Temperatursensoren für Lufttemperatur:
Geeignet sind z. B. Widerstandsthermometer (idealerweise Vierleiter-Messtechnik) gekapselt im Edelstahlrohr mit mindestens 4 mm im Durchmesser (siehe auch DKD-R 5-7).
Die Reaktionszeit der Sensorik steigt mit zunehmender Kapselung des Sensors. Um schnelle Änderungsgeschwindigkeiten im dynamischen Bereich nachzuweisen, eigenen sich eher wenig gekapselte Sensoren. Allerdings reagieren diese zu sensitiv, um Stabilitätsauswertungen im statischen Bereich nachzuweisen.

Temperatursensoren für Prüflingstemperatur:
Geeignet sind z. B. Widerstandsthermometer (idealerweise Vierleiter-Messtechnik) oder Thermoelemente für die Temperaturmessung der Prüflingstemperatur.
Die Reaktionszeit der Sensorik steigt mit zunehmender Kapselung des Sensors. Um schnelle Änderungsgeschwindigkeiten im dynamischen Bereich nachzuweisen, eigenen sich eher wenig gekapselte Sensoren.
Hinweis: VDI/VDE 3520 Blatt 1, Oberflächentemperaturmessung mit Berührungsthermometern.

Temperaturkalibrierung nach z. B. DKD-R 5-1(Widerstand) bzw. z. B. DKD-R 5-3 (Thermoelement)
Bei der reinen Temperaturmessung im Prüfschrank:
Die Summe aus Anzeigeabweichung und Messunsicherheit darf über den Einsatz- /Kalibrierbereich bis 100 °C 0,7 K nicht überschreiten. Bei Anwendungen über 100 °C darf dieser Wert 1 % vom Messwert [°C] nicht überschreiten.

Bei Einsatz von Temperatursensoren zur Bestimmung der Feuchte:
Die Summe aus Anzeigeabweichung und Messunsicherheit darf über den gesamten Einsatz-/Kalibrierbereich 0,4 K (im Bereich bis 95 °C) nicht überschreiten.

Feuchtekalibrierung der Sensoriken nach validierten Verfahren (z. B. DKD-R 5-8):
Die Summe aus Anzeigeabweichung und Messunsicherheit darf über den gesamten Einsatz-/Kalibrierbereich 3 % r. F. nicht überschreiten.

Achtung: Die Lang- und Kurzzeitstabilitäten (Drift und Hysterese) von kap. Feuchtesensoren sind oft in Kalibrierungen nicht berücksichtigt. Es ist zu beachten, dass Drift und Hysterese das Messergebnis bis zu jeweils 2 % r. F. beeinflussen können.

Bei Feuchtefühlern ist generell darauf zu achten, dass sie für den gedachten Anwendungsfall bezüglich Messunsicherheit, Drift und ggf. Hysterese geeignet (qualitativ hochwertig) sind.

Herausgeber:

GUS-Arbeitskreis Richtlinien
Gesellschaft für Umweltsimulation e.V.
-Sekretariat GUS-
c/o Fraunhofer Institut für Chemische Technologie
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
D-76327 Pfinztal-Berghausen

Änderungshistorie

Version	Datum	Beschreibung
1.0	01.03.2025	Erstellung

Copyright
2025 Gesellschaft für Umweltsimulation GUS e.V.

Disclaimer
Herausgeber und Autoren haben diese Richtlinie nach bestem Wissen und Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Gleichwohl können inhaltliche oder technische Fehler nicht ausgeschlossen werden. Die Herausgabe der Richtlinie erfolgt daher ohne Gewähr und die Sorgfaltspflicht bei der Anwendung obliegt dem Nutzer.
Jegliche Veröffentlichung, auch von Auszügen, unter eigenem Namen oder die entgeltliche Weitergabe der angezeigten Informationen, insbesondere der Richtlinie, ist nur mit ausdrücklicher, schriftlicher Genehmigung der GUS e. V. unter Nennung der Quelle gestattet. Das gilt insbesondere für die Speicherung und Verarbeitung in digitalen Systemen.